



## TÉCNICAS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO E HUMIFICAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE SOLOS NA REGIÃO DE MOCOCA (SP)

*I.A. Fachini<sup>1</sup>, C.C. Ronquim<sup>2</sup>, E.B. de Figueiredo<sup>3</sup>, R.O. Bordonal<sup>3</sup>, N.L. Scala-Júnior<sup>3</sup>, D.M.B.P. Milori<sup>4</sup>*

(1) Centro Universitário Central Paulista, UNICEP, Rua Pedro Bianchi, 111, São Carlos, SP, 13570-300, mara.brotas@hotmail.com

(2) Embrapa Monitoramento por Satélite, Avenida Soldado Passarinho, 303, 13070-115, carlos.ronquim@embrapa.br

(3) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, 14884-900, Jaboticabal, SP, eduardobfigueiredo@hotmail.com, rbordonal@yahoo.com.br, lascala@fcav.unesp.br

(4) Embrapa Instrumentação, Rua 15 de Novembro, 1452, 13560-970, São Carlos, SP, debora.milori@embrapa.br

**Resumo:** Devido à crescente preocupação com o meio ambiente, o estudo de solos tem ganhado destaque nos últimos anos. O solo é o maior reservatório de Carbono terrestre, assim desempenha papel fundamental no ciclo deste elemento. O estudo do estoque de Carbono no solo é importante pois diferentes tipos de manejo e culturas podem aumentar a concentração deste elemento no solo e assim diminuir o efeito estufa. O objetivo desse estudo foi avaliar as variações dos estoques de carbono no solo e humificação da matéria orgânica do solo (MOS) devido às mudanças de uso do solo em áreas agrícolas e mata nativa. Foram utilizadas as técnicas de Análise Elementar (CHN) e Espectroscopia de Fluorescência Induzida por Laser (LIFS) para análises da concentração de Carbono e do grau de humificação da MOS respectivamente. Foram avaliadas amostras de solo de áreas de mata nativa, café e uma área de café convertida para cana de açúcar sob regime de colheita crua, coletadas na região de Mococa, SP. Os resultados mostram que áreas de mata nativa estocam mais Carbono do que áreas agrícolas, além disso, também foi possível concluir que o estoque de Carbono é mais estável em horizontes mais profundos. Dentre os manejos agrícolas, o Café-CanaCrua foi o que melhor apresentou quantidade de Carbono estável.

**Palavras-chave:** sequestro de carbono, LIFS, sustentabilidade, matéria orgânica, índice de humificação.

### **TECHNIQUES FOR SOIL CARBON STOCKS CHARACTERIZATION AND ORGANIC MATTER HUMIFICATION UNDER DIFFERENT SOIL MANAGEMENT SYSTEMS IN AGRICULTURAL AREAS IN MOCOCA (SP)**

**Abstract:** Due to the growing concern about the environment, the study of soils has gained prominence in recent years studies. Soil is the largest terrestrial carbon reservoir, thus plays a key role in this element cycle. The study of the carbon stock in the soil is important because different types of management and cultures may increase or reduce its concentration on soil, thereby affecting the greenhouse effect. The aim of this study was to evaluate changes in stocks of soil carbon and humification index of soil organic matter (SOM) due to changes in land use in agricultural and native forest areas. Techniques Elemental Analysis (CHN) and Spectroscopy Laser Induced Fluorescence (LIFS) for analysis of the concentration of carbon and the degree of humification of SOM were used respectively. Soil samples from a native forest area, coffee plantation and an area of coffee converted to sugarcane crop under green harvest regime were collected in the region of Mococa, SP. The results show that areas of native forest present higher soil carbon stock comparing to agricultural areas. Comparing the humification index of SOM it was possible to see that agricultural areas showed higher stable carbon than native forest.

**Keywords:** carbon sequestration, optic precision, sustainability, organic matter, humification index.

#### **1. Introdução**

As alterações no armazenamento de carbono no solo são influenciadas pelas formas de uso do solo (CARVALHO et al., 2010) e portanto, diferentes tipos de manejo do solo podem levar a um aumento ou decaimento dos teores de carbono no solo (LAL, 2004).

Pesquisas afirmam que o sinal de fluorescência emitido a partir de uma amostra de solo excitado próximo à radiação azul do ultravioleta é devido à matéria orgânica mais humificada (SEGNINI et al., 2010). Este método espectroscópico se destaca entre outros métodos devido à possibilidade de se trabalhar com a amostra *in natura* e sem a interferência de metais paramagnéticos, mostrando serem adequados para análises manejo agrícolas, estudos

ambientais de sequestro de carbono pelo solo, que visa a diminuição do efeito estufa e controle de parâmetros que afetem as mudanças climáticas globais.

O método por combustão via seca (analisador elementar – CHNS) é considerado uma referência mundial, e é eficiente na determinação de carbono, pois converte todo o carbono em presença do oxigênio para CO<sub>2</sub> durante o processo de aquecimento (SKJEMSTAD; TAYLOR, 1999).

Segundo Segnini e colaboradores (2013), em pastos melhorados, o uso de gramíneas introduzidas com manutenção da fertilidade do solo e manejo adequado, o carbono do solo pode ser mantido em níveis semelhantes ou maiores do que em florestas. Entretanto, em pastos degradados e áreas agrícolas frequentemente manejadas com uso do fogo, com pequena quantidade de aporte material orgânico (biomassa), ou manejo incorreto, podemos ter uma redução dos estoques de carbono no solo.

O objetivo do trabalho foi determinar os estoques de carbono de uma área de mata nativa como referência, uma área com a cultura de café e outra área de café convertida para cana-de-açúcar dois anos antes, e estimar o grau de humificação da matéria orgânica do solo (MOS) e correlacioná-lo com o estoque de carbono das áreas em estudo.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Área de Estudo

As áreas do experimento em estudo estão localizadas na região de Mococa, interior de São Paulo e são decorrentes de variados sistemas de cultivo de manejo do solo: Mata nativa como referência, café implementado a mais de 6 anos e uma área de café convertida em cana-de-açúcar sob regime de colheita crua, dois anos antes da realização do experimento.

#### 2.1.1. Amostragem e preparação das amostras de solos

As amostras foram coletadas em 4 profundidades (0-10, 10-20, 20-60, 60-100 cm), em 5 replicatas, totalizando 60 amostras. Os procedimentos de amostragem, preservação e preparação das amostras seguiram métodos oficiais (EMBRAPA, 1997). As amostras de solo foram secas, retiraram-se cascalhos e restos vegetais e posteriormente os solos foram passados em peneira de 2 mm. Em seguida, parte da amostra de solo foi moída (homogeneizada) e passada em peneira de 100 mm (150 mesh) para as análises instrumentais. Para as análises de LIFS das amostras, foram preparadas 2 pastilhas de 1 cm de diâmetro e 2 mm de espessura e aproximadamente 0,5 g de amostra de solo. Para determinação de carbono utilizou-se 10 mg de amostras de solo pesadas diretamente em cápsulas de estanho consumíveis. Em seguida, as cápsulas de estanho foram fechadas manualmente e introduzidas no forno do analisador elementar (CHNS). As medidas foram feitas em duplicata. O cálculo da densidade foi realizado após secagem de aproximadamente 24h em estufa a 105°C até massa constante. A partir da massa seca e o volume conhecido do anel, calculou-se a densidade do solo.

Além da determinação dos teores de carbono no solo, foram realizados os cálculos para as estimativas dos estoques de carbono no solo (ECs), em megagramas (Mg de C ha<sup>-1</sup>), corrigindo-se os valores com as respectivas densidades do solo coletadas para cada profundidade das amostras de solo coletadas. A equação utilizada para a estimativa dos ECs foi:  $EC (Mg ha^{-1}) = 10 \cdot (C \cdot Ds \cdot l)$ , onde “C” é a quantidade de carbono em g kg<sup>-1</sup>, “Ds” a densidade do solo em mg m<sup>-3</sup> e “l” a espessura da camada em metros.

### 2.2. Metodologias utilizadas

#### 2.2.1. Análise elementar

O Analisador Elementar (CHN) utilizado na determinação do carbono do solo é baseado no processo de combustão a seco que permite a determinação porcentual de elementos químicos carbono, hidrogênio, nitrogênio e enxofre de uma amostra. O material analisado foi envolvido em uma cápsula de estanho para acelerar o processo de combustão. Com isso a amostra é totalmente queimada e em seguida os gases da sua combustão são analisados e os produtos são CO<sub>2</sub> para análise de C, H<sub>2</sub>O para análise de H e NO para análise de N, os quais são separados por uma coluna cromatográfica. Todos os resultados da análise elementar são baseados em um valor de padrão conhecido, a acetanilida, um padrão orgânico de composição elementar conhecida. O equipamento empregado foi um analisador elementar da marca Perkin Elmer modelo 2400, pertencente à Embrapa Instrumentação.

#### 2.2.2. Espectroscopia de Fluorescência Induzida por Laser

A caracterização por Fluorescência induzida por Laser, tem o objetivo de determinar o índice de humificação da MOS e foi realizada empregando-se um sistema desenvolvido pela EMBRAPA Instrumentação. O sistema é composto de um laser de diodo emitindo em 405 nm com 20 mW potência, o espectro é adquirido por um espectrômetro com resolução de 10 nm e com faixa de aquisição de 475 a 800 nm.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Estudos da Análise elementar (CHN)

Na Figura 1, encontram-se os resultados para os valores de estoques de carbono ( $\text{Mg C ha}^{-1}$ ), para cada área de estudo, mata nativa, café e uma área de café que foi convertida para a cultura da cana-de-açúcar 2 anos antes das coletas referentes a este estudo, considerando-se a profundidade total do solo de 0-100 cm, e amostras e resultados estratificados em 0-10, 10-20, 20-60 e 60-100 cm, determinados através da técnica de espectroscopia de LIFS e CHNs.

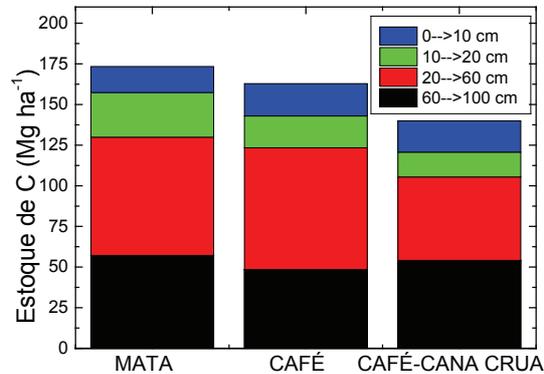


Figura 1. Variação dos estoques de carbono médio (EC,  $\text{Mg C ha}^{-1}$ ), considerando-se as camadas amostradas de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-60 cm e 60-100 cm para diferentes uso do solo, na área de referência de mata nativa, e nas culturas café e área de café convertida para cana-de-açúcar sob regime de colheita mecanizada crua.

Nossos resultados mostram variações dos estoques de C no solo para profundidade total de 0-100 cm comparando-se a área de mata nativa e áreas convertidas para fins agrícolas. A área de mata nativa apresentou o maior estoque de C total no solo considerando-se todas as camadas avaliadas, com  $173 \text{ Mg C ha}^{-1}$ . A área de cultura agrícola com café ( $163 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ) apresentou uma redução de 6% no estoque de C em relação à área de mata nativa e a área de cana-de-açúcar ( $140 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ), convertida de café para cana-de-açúcar 2 anos antes deste estudo e adjacente à área de mata, apresentou uma redução de 19% em relação a área de mata (Figura 1). A maior redução do estoque de C no solo observada na área de cana-de-açúcar provavelmente deve-se a um preparo mais intensivo do solo para instalação da cultura (DE FIGUEIREDO et al., 2014). Práticas menos intensivas do solo no momento de renovação da cana de açúcar podem favorecer o aumento do estoque de C no solo em áreas de cana-de-açúcar.

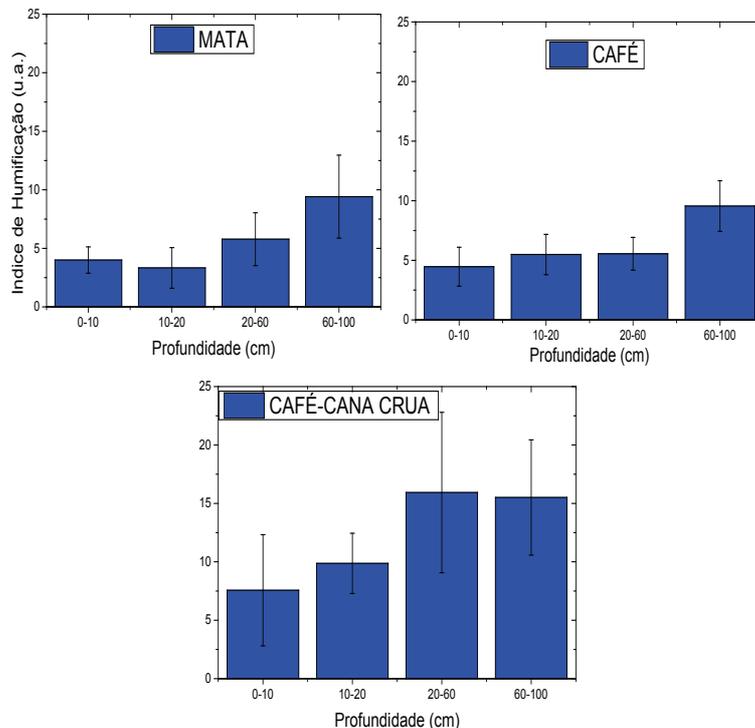


Figura 2. Índice de humificação de amostras de solo para as áreas de mata nativa, café e café convertida para cana-de-açúcar colhida crua.

### 3.2. Estudos da Fluorescência Induzida a Laser (LIFS)

A técnica LIFS foi aplicada as amostras de solos para avaliar o índice de humificação da MOS. A determinação do índice de humificação ( $H_{LIFS}$ ) é realizada através do cálculo da razão entre o valor da área sob o espectro de emissão de fluorescência e a porcentagem de carbono presente na amostra (MILORI et al., 2006).

Através dos gráficos mostrados na figura 2, pode-se inferir que apesar da área de mata ter maior estoque de Carbono (como visto no tópico anterior) esta área não apresenta grande quantidade de Carbono estável, ou seja, a maior parte do Carbono da mata nativa é Carbono lábil. O comportamento contrário é notado nas áreas agrícolas, onde o carbono estável está mais pronunciado do que na mata nativa.

## 4. Conclusões

No presente estudo pôde-se concluir que, entre as áreas agrícolas estudadas, a que mais se aproxima da mata nativa em termos de estoque de carbono é a de Café. A hipótese mais plausível para explicar este resultado é que no caso da área de Café-cana-crua o solo foi submetido a um preparo mais intensivo para a instalação da nova cultura, o que pode ter reduzido o estoque de carbono no solo. Além disso, a MOS da área de Café-cana-crua também apresentou uma humificação maior, que pode ser resultado da degradação sofrida no preparo onde as frações mais lábeis foram consumidas. Portanto, a implantação de novas culturas agrícolas pode favorecer a perda de C do solo. Assim, estes resultados enfatizam a importância da avaliação do impacto destas mudanças de uso do solo, bem como o processo de recuperação destas áreas.

## Agradecimentos

À FAPESP, CNPq, Embrapas Instrumentação, Pecuária Sudeste e Monitoramento por Satélite, UNESP - Jaboticabal e o projeto: CARBCANA- MP2.

## Referências

- CARVALHO, J.L.N.; AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N.; MELLO, C.R.; CERRI, C.E.P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34:277-289, 2010.
- EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solos. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de solos. 2. ed. 210 p. 1997.
- FIGUEIREDO, E. B., PANOSSO, A. R., REICOSKY, D. C., & SCALA, N. L. Short term CO<sub>2</sub> C emissions from soil prior to sugarcane (*Saccharum spp.*) replanting in southern Brazil. *GCB Bioenergy*, 2014.
- LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123:1-22, 2004.
- MILORI, D. M. B. P.; GALETI, H. V. A.; MARTIN-NETO, L.; DIECKOW, J.; GONZÁLEZ-PÉREZ, M.; BAYER, C.; SALTON, J. "Organic matter study of whole soil samples using laser-induced fluorescence spectroscopy". *Soil Science Society of America Journal*, 70, 57-63, 2006.
- SEGNINI, A.; POSADAS, A.; QUIROZ, R.; MILORI, D. M. B. P.; SAAB, S. C.; VAZ, C. M. P.; MARTIN-NETO, L. Spectroscopic assessment of soil organic matter in wetlands from the high Andes. *Soil Science Society of America Journal*, v.74, p.2246-2253, 2010.
- SEGNINI, A.; OTAVIANI JR, P.L.; WATANABE, A.M.; XAVIER, A.A.P.; OLIVEIRA, P.P.A.; MILORI, D.M.B.P. Sequestro de Carbono e Humificação da Matéria Orgânica do Solo em Sistemas Produtivos da Pecuária. *Anais do Encontro Brasileiro de Substâncias Húmicas*, p.112, 2013.
- SKEJSTAD, J. D.; TAYLOR, J. A. Does the Walkley-Black methods determine soil charcoal? *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Philadelphia, v. 30, p.2299-2310, 1999.